



JPR-Focus Nr. 01/21 Rev. A

*Der Newsletter von JPR Concepts & Innovation im neuen Format und weiterhin kostenlos.
Erscheint in drei Sprachen – Deutsch, Französisch, Englisch – nun 3- bis 4-mal im Jahr.
Vertiefte, ganzheitliche Gesichtspunkte zu aktuellen Fragen.
Texte aus diesem Newsletter dürfen gern in anderen Newsletter und Webseiten verwendet werden. Ein Hinweis auf den "JPR -Focus" als Quelle ist jedoch notwendig.*

Liebe Leserinnen und Leser

Herzlich willkommen zur ersten Nummer im Jahre 2021 des JPR-Focus, unser Newsletter im neuen Format.

Nach dem etwas turbulenten Jahr 2020 schwirren in den Köpfen einige Fragen wie: Wie geht es nach COVID-19 weiter? Was können wir daraus lernen? Was ändert sich für mich?

Solche Fragen sind nicht nur für das Krankensystem oder das Finanzsystem relevant. Auch beim Schulsystem, der Nahrungsmittelproduktion müssen gewisse Annahmen überprüft und in Frage stellen werden. Das gilt auch ganz besonders für die Energieversorgung, denn der Zeitgeist geht ganz klar in Richtung erneuerbaren Energien.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht die Möglichkeiten und die Potenziale der einzelnen Quellen an erneuerbaren Energien zu umreissen.

I wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.

Herzliche Grüsse
Ihr Jean-Pierre Rickli

Möglichkeiten und Potenziale der erneuerbaren Energien

1. Einleitung

Das Jahr 2020 war spannend und aufschlussreich. Viele Versprechungen, Voraussagungen und Behauptungen erwiesen sich eindeutig als Mär.

Nehmen wir zuerst die Mär der globalen Wirtschaft. Die Befürworter dieser Wirtschaftsart waren nicht müde diesen Weg als Garant für die weltweite sichere Versorgung mit Gütern aller Art hochzupreisen. Reine Propaganda! Kaum hatte China anfangs Jahr ihre Grenzen schliessen müssen, bangte die ganze Welt um die Versorgung nicht nur mit Fertigprodukten, sondern mit praktisch allen Grund- und Ausgangsprodukten sowie Werkstoffen. Es stellte sich fest, dass nichts weltweit produziert wurde, sondern praktisch alles direkt oder indirekt aus China kommt. Eine sichere weltweite Versorgung von allen Mitteln stelle ich mir anders vor.

Der totale Zusammenbruch dieser Versorgungskette blieb uns allerdings erspart. Nicht weil andere Versorgungswege eröffnet wurden, sondern weil das Virus bei uns angekommen war und unsere Industrie drastisch zurückgeführt wurde als wir zu Hause bleiben mussten. Dann platzte die Wahrheit über eine zweite Mär: Diejenige der Resilienz der Versorgung, **d. H. die Kapazität sich schnell nach einem Zwischenfall zu erholen und wieder funktionsfähig zu sein.**

Kaum hatten ein paar Leute mit vollen Hosen die Toilettenpapier-Regale leergekauft, blieben diese Regale für mehreren Wochen leer oder der Verkauf musste drastisch rationiert werden; das passierte weltweit! Eine im Maschinenbau, in der Produktion und sonst wo gemachte Erfahrung bestätigte sich: Hocheffiziente Maschinen, Anlagen und Prozesse sind sehr empfindlich; so auch der Markt. Das Wort «Resilienz» noch im 2019 mässig gebraucht, kam in 2020 auf die Hitliste. Damit bestätigt sich ebenfalls eine weise Aussage welche besagt, dass man von dem redet, was man nicht hat.

Ein weiteres Mantra der modernen Wirtschaftler erwies sich ebenfalls als Mär. Dasjenige nämlich, dass der Markt eine Lösung für alles bieten kann. Man muss ihn nur vertrauen. Als wir nach Schutzmasken herumschauten, gab es keine. Jetzt, wo das Größte hinter uns liegt und nach und nach einige Schutzmasken nach grossen staatlichen Interventionen geliefert wurden, brauchen wir sie eigentlich nicht mehr. Das Ergebnis? Ein Tragzwang! Man muss halt der kostspieligen Ware loswerden. Mittlerweile tragen auch diese Einwegprodukte zur Verschmutzung der Umwelt und der Meere.

Auch die Mär der freien Marktwirtschaft wurde offengelegt. Dass sie nur beschränkt gilt, haben wir am Beispiel der medizinischen Schutzausrüstungen erlebt. Sie waren überall in Europa Mangelware und prompt hat man für die Schweiz bestimmten Waren am Zoll festgehalten oder beschlagnahmt, so in Deutschland und in Frankreich. Exportverbote für bestellte und bezahlte Ware waren auch angedroht. So geht die freie Marktwirtschaft in Zeiten des Mangels. Jeder ist sich selbst am Nächsten. Mit den Impfdosen ging es nicht viel anders.

Diese Beobachtungen sind für die Energieversorgung wichtig. Die Umstände gingen für die Stromversorgung gut aus: die Nachfrage der Industrie ging stark zurück und so konnte der Mehrbedarf auf dem Privatsektor problemlos abgefangen werden. Zudem gab es glücklicherweise keine grösseren Pannen bei den Produktionsanlagen.

Die Situation bei den Erdölprodukten und beim Erdgas war ebenfalls gut. Es gab keine Engpässe: die Nachfrage ging stark zurück, der Winter war sehr mild und der Streit zwischen Produzentenländern half zu einem enormen Überschuss des Angebots über die Nachfrage.

Das Rad könnte sich allerdings drehen und die Energieversorgung ist keineswegs vor Notsituationen sicher. Fälle wie oben beschrieben könnten durchaus auch bei der Energieversorgung eintreffen.

Nicht nur die Feststellung, dass der Markt eigentlich nur in Überflusssituationen funktioniert, ist wichtig. **Nur so kann die unerlässliche Bedingung für einen Geschäftsabschluss erfüllt werden, nämlich die Gleichzeitigkeit. Diese Bedingung wird in Wirtschaftskreisen all zu oft ignoriert.** Dazu, dass die Grenzen nicht nur im Kriegsfall dicht gemacht werden können und die Schlagbäume runtergelassen und runter bleiben können, war eine völlig neue Erfahrung. So etwas in Friedenszeiten! Beachte: der Umgang mit Stromschaltern ist noch einfacher als mit Schlagbäumen!

Das unterschiedliche Verständnis um die Definition der Waren, welche für das Leben wichtig sind und zum täglichen Bedarf gehören, führte zu vielen Diskussionen und Frust. Plötzlich standen nicht nur Esswaren in den Vordergrund. Neue Produkte waren auf einmal gefragt und sogar unerlässlich, spätestens wenn die Mütter und Väter zum «Home-Office» und die Kinder zum «Home-Schooling» verdonnert wurden. Auf einmal gehörten Druckerpapier und Druckerpatronen als Gut des täglichen Bedarfs. Auch der im Büro wichtigste Betriebsstoff, der Kaffee, gab Anlass zu Diskussionen. Die Kaffeebohnen, ganz oder gemahlen und die Kapseln durfte man verkaufen. Was war dann, wenn die Maschine den Geist aufgab? Plötzlich waren auch Haushalt-Geräte wichtig. Ebenso erging es im neuen Familienpflichtfach: das Kochen. Gehören auch die Töpfe zu den wichtigen Gütern?

Auch bei den Dienstleistungen kam eine bestimmte Überraschung auf. Auf einmal wollten, mussten Mutter, Vater und die Kinder vor dem Computer sitzen und stritten sich darum, wer zuerst den einzigen Familiencomputer nutzen durfte. Das vor allem weil Frau Chefin, Herr Chef, Frau Lehrerin oder Herr Lehrer der Meinung waren, jedes ihrer Schäfchen sollte gefälligst um 8 oder 9 Uhr zum Appell antreten. Wenn ausnahmsweise genug Geräte zur Verfügung standen; lernte man aber schnell, dass ein Tablett nicht so vollwertig wie ein Laptop ist, trotz den Zusicherungen vom Verkäufer. Und dort, wo jede, jeder vor dem eigenen Computer sitzen konnte oder durfte, stand die nächste Hürde: die Breitband-Kapazität des Internet-Anschlusses.

Für die Stromversorgung, wie oben erwähnt, ging alles gut aus. Der alte Spruch wurde dennoch bestätigt: das Wichtigste am Computer ist die Steckdose. Der oft gebrachte Einwand von wegen des Akkus, fällt weg sobald das Ladeniveau in der Nähe von Null kommt. Dann braucht man eben auch die Steckdose. Das gilt übrigens auch für die Kaffeemaschine, den Drucker, den Scanner und praktisch (fast) alles im Haushalt. Auch der Strom ist zu einem wichtigen Gut des täglichen Gebrauchs avanciert!

Es ist das Ziel dieser Analyse, die Art und die Möglichkeiten der erneuerbaren Energien zu durchleuchten, um etwas Klarheit über ihre Potenziale für unserer künftige Energieversorgung zu bekommen.

2. Bedeutung des elektrischen Stroms heute

Wie wir es oben gesehen haben, haben sich die Grundbedürfnisse im Laufe der Zeit stark geändert. Der Strom macht da keine Ausnahme, im Gegenteil.

Vor gut fünfzig Jahren war die Sache mit dem Strom noch relativ einfach. Bei Stromknappheit wurden in Stosszeiten die grösseren Verbraucher wie die Waschmaschinen einfach abgeschaltet. So hatte man genug Strom zum Kochen. Geschirrspüler waren nur vereinzelt anzutreffen. Die Leistung der übrigen Haushaltgeräte lag durchschnittlich um einen Faktor 2 bis 3 tiefer als die heutige und Handarbeit war noch üblich.

Kam es zu einem Ausfall, so hatte jeder Haushalt einen Satz Kerzen für die Beleuchtung. Um warmes Wasser für eine Suppe aus der Tüte oder einen Tee vorzubereiten, genügte der mit Brennsprit gefüllter Fondue Rechaud. Für die Nachrichten hatte man das Transistor-Radio. Der Fernseher – notabene schwarzweiss – hatten noch nicht alle. Der Telefonapparat war noch zum Telefonieren da, in der Regel für Notfälle wie Tod, Unfall oder Krankheit und vom Stromnetz unabhängig. Für erfreuliche Nachrichten wie Geburt oder Heirat hatte man die Briefpost; solche Meldungen waren nicht dringend.

Heute ist das alles unvorstellbar. Kerzen und Spiritrechaud wurden aus Brandschutzgründen verbannt. Alles hängt an der Steckdose: Radio, Telefon, Fernseher in jedem Zimmer, Computer, Router, Wecker, Drucker, Scanner. Auch die Handarbeit gehört zur Vergangenheit. Alles ist mechanisiert und braucht die Steckdose. Kein Wunder, dass die installierte Hausleistung heute wesentlich höher ist; 67% mehr als vor 50 Jahren und dennoch heute äusserst knapp.

Da wird nicht einmal der Strom den man für die Servers, für die Cloud-Dienste und dergleichen miteingerechnet.

Wie wir auch im Frühling festgestellt haben, besteht kaum Einsparungspotential. Die Haushalte haben kaum noch Geräte mit signifikantem Potential der Wirkungsgradverbesserung. Ein grosser Teil des in Büros, Schulen, Kantinen und Restaurants nicht verbrauchten Stroms wurde in den Haushalten durch den Hochbetrieb zu Hause verbraucht. Das neu entdeckte Fach Familienkochen liess auch den Stromverbrauch zur Mittagszeit nicht abklingen.

In den Büros verblieb der Server-Betrieb als Stromfresser.

In anderen Worten: in Krisenzeiten wie die jetzt erlebten, ist der Strom ganz klar nicht mehr nur eine Annehmlichkeit (Commodity), sondern gehört zum lebensnotwendigen Grundbedarf. Die einzige noch offene Frage ist nur: bis zu welchem Ausmass.

Mein erster grober Ansatz zur Beantwortung dieser Frage wäre für eine 4-köpfige Familie:

- 70% der Haushaltsanschlussleistung sollte während des Tages (12 Stunden) zur Verfügung stehen. Im Falle eines akuten Strommangels, könnten diese 70% auf 55% reduziert werden und die 15% auf die Abendstunden verteilt werden.
- 40% der Anschlussleistung sollte in den drei Abendstunden nach dem Abendessen zur Verfügung stehen. Falls Tagesleistung auf die Abendstunden verteilt wird, dann wird auch diesen Anteil auf 55% kommen.
- In den restlichen Stunden der Nacht müssten noch etwa 20% Anschlussleistung zur Verfügung stehen.

Das bedeutet, dass etwa 55% der Anschlussleistung tagsüber bis in den Abendstunden und 20% für die Nacht als täglicher Grundbedarf zu betrachten wären. Diese Prozente müssten in Krisenzeiten zur Verfügung stehen, zumindest für eine längere Zeit von ein paar Monaten. Die Stromlieferanten müssen sicherstellen, dass diese Leistung vorhanden wäre. Dieser Grundbedarf sollte auch nicht dem Geschehen im freien Markt unterstellt sein. Es wäre eine Art regulierter Markt, welcher einen für alle erschwinglichen Strom sicherstellen würde. Der Verbrauch über diesen Grundbedarf hinaus wäre dann auf dem freien Markt zu beziehen und als Commodity zu betrachten.

Diesen privaten Grundbedarf gilt es auch in Krisenzeiten sicherzustellen; auch wenn unsere Nachbarländer den Schalter für eine gewisse Zeit umgelegt haben. Somit ist in solchen Zeiten nicht nur der Industriebedarf für den Selbstversorgungsgrad massgebend.

Jedoch nicht nur in Krisenzeiten muss diese Mindestversorgung sichergestellt werden, sondern auch über das ganze Jahr durch und auch bei strengeren Witterungen wie grosser Kälte oder Hitze.

3. Wofür braucht man Energie?

Jahrzehntlang haben sich lediglich Statistikern und Marketingleute mit diesem Thema befasst. Für den Verbraucher war das nicht notwendig. Die Energie war billig, praktisch überall verfügbar und sozusagen nicht vom Energieträger abhängig. Die Hauptfrage war eigentlich nur diejenige nach der erforderlichen Leistung (W oder kW) beim Einschalten oder die Menge (kWh) bei der Bezahlung. Es waren die guten alten Zeiten der fossilen Energieträger. **Unter Energieträger werden Stoffe oder Energieformen, die natürlich nicht vorkommen und direkt «abgebaut» werden können. Sie benötigen vorher eine Umwandlung.**

Heute wo CO₂-Emissionen reduziert und nachhaltige Energieträger eingesetzt werden sollen oder müssen, geht es nicht mehr so einfach. Die neuen Energieträger bzw. ihre Quellen sind nicht mehr Alleskönner und auch nicht überall und zu allen Zeiten gleich verfügbar. Da unsere Energiebedürfnisse auch unterschiedlich sind, kommt es vermehrt zu Kombinationen verschiedener Träger bzw. Quellen.

Im Laufe der Diskussionen über die Verwendung bzw. die Verschwendung von Energie tauchen immer wieder zwei sehr verwandten Begriffe auf: die energetische Effizienz und der energetische Wirkungsgrad. Sehr oft werden sie gleichgestellt, was auch zu Missverständnissen führt.

Der Wirkungsgrad ist mehr technisch und ist quantifizierbar. Er drückt zum Beispiel die Güte der Umwandlung von einer bestimmten Energieform in einer anderen. Man redet dann vom Wirkungsgrad einer Photozelle, eines elektrischen Motors, eines Dieselmotors, welcher oft in Prozenten ausgedrückt wird. Dadurch bekommt man ein Vergleichsmass für diese Aggregate oder Kombination von Aggregaten unter bestimmten Bedingungen. Allerdings, darf man der Wirkungsgrad eines elektrischen Motors mit dem eines Dieselmotors nicht vergleichen, denn die Eingangsenergieform, obwohl sie in der gleichen Einheit ausgedrückt wird, nicht gleich ist. Das wird leider viel zu oft getan, auch von sogenannten Experten.

Die energetische Effizienz ist dagegen ein eher qualitativer Begriff. Er wird verwendet, wenn verschiedene Energien in Frage kommen oder wenn eine quantitative Beurteilung nicht sinnvoll, nicht möglich oder zu komplex ist. Letztere kommt, wenn Energiekonsumenten aus- oder einschaltet werden, vielleicht sogar mehrmals.

Die möglichst genaue und detaillierte Kenntnis der eigenen Bedürfnisse ist somit die Voraussetzung für die Findung des optimalen Mix an Energiequellen für eine bestimmte Anwendung.

3.1 Gebäude-Heizung

Das ist ein der ursprünglichsten Bedürfnisse der Menschheit: während der Kälteperiode, die Raumluft auf angenehme lauwarme 20 bis 23 °C zu bringen.

In der Höhle übernahm das offene Feuer diese Aufgabe. Die angestrebte Raumtemperatur wurde zwar nicht erreicht. Zumindest aber, man fror nicht ein und das Feuer verschreckte unerwünschte Wildtiere.

Sehr lange Zeit blieb das Feuer das Mass aller Dinge, sei es als offene Feuer in einem Kamin oder eingeschlossen in einem Heizofen welche die Umgebungsluft aufwärmten oder einfach temperierten. Die Technologie bezüglich Heiz- und Lebenskomfort wurde immer effizienter. Das Prinzip allerdings blieb gleich: Holz und viel später auch Kohle wurden verbrannt. Dieses Prinzip kommt heute noch vielenorts zur Anwendung.

Vor etwa 200 Hundert Jahren wurde das Prinzip der Zentralheizung erfunden: Aufwärmung von Wasser durch eine zentrale Wärmequelle und Verteilung dessen als Wärmetransportmittel. Dieses Prinzip blieb allerdings lange Zeit industrieller Anwendungen vorbehalten. Erst Mitte des letzten Jahrhunderts kam es bei der Gebäudeheizung zu einer breiten Anwendung; zuerst mit Kohle-, dann mit Heizöl- und später noch mit Erdgas-Feuerung.

Im Laufe der Diskussionen über die Energieeffizienz wird es in immer breiteren Kreisen endlich klar, dass das Aufwärmen von Wasser auf einer Temperatur von 40 bis 80 °C mit einer Flamme von 2000 °C oder darüber **eigentlich eine reine Energieverschwendung ist. Obwohl alles in Kilowatts (kW) gemessen wird, gibt es wertvollere und weniger wertvollen kW. Das gilt für die Art der Energie aber auch für ihr Temperaturniveau. Ist die Temperatur hoch, so ist auch das Arbeitspotenzial der Quelle hoch. Wird diese Quelle für das direkte Aufwärmen von einem Medium auf tiefern Temperatur benutzt, so wird das Arbeitspotenzial nicht ausgenutzt (reine Entropiezunahme).** Viel sinnvoller wäre eine Wärmequelle mit einer Temperatur von rund 100 °C zu nutzen. Solche Wärmequellen findet man typischerweise am Ende von industriellen Arbeitsprozessen. Die Energiequellen mit hohem Temperaturpotential soll man ausschliesslich für Arbeitsprozesse verwenden und dort wo hohe Temperaturen erforderlich sind.

3.2 Beleuchtung

Auch das ist ein besonders wichtiges Bedürfnis der Menschen. Beleuchtung in dunklen Orten und geschlossenen Räumen zu haben, gibt Sicherheit und Vertrauen. Sie ermöglicht auch die Ausführung von Tätigkeiten vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang.

In Geschäftsräumen führen die moderne Architektur und die Arbeiten am Bildschirm fast zwangsläufig zu einer Ganztags-Beleuchtung. Abends, wenn die Büros leer sind, ist alles dunkel.

Die Beleuchtung spielt heute auch auf den Strassen eine grosse Rolle: in den Städten und Agglomerationen; in erster Linie aus Sicherheitsüberlegungen.

Seit Jahrzehnten wird für die Beleuchtung Energie nur noch in der Form vom elektrischen Strom verwendet. Das sollte sich in der Zukunft kaum ändern. Wir müssen allerdings etwas sparsamer damit umgehen.

3.3 Haushaltapparate

Diese Verbrauchergattung nehme ich jetzt getrennt vor, denn sie ist dem Wandel stark unterstellt. Vor etwa 60 Jahren spielten sie, verbrauchsmässig, fast keine Rolle. Der grosse Verbraucher war der Herd samt integrierten Backofen. Dieser verbrauchte als einziges Haushaltapparat für seinen Betrieb entweder Strom oder Gas. Weiter gab es in der Küche, bei weitem nicht überall einen Kühlschrank, der bei einem 4-Personen-Haushalt Platz für ein Liter Milch, 2 bis 3 Fläschchen Bier, Rahm, Butter, eine Packung Eier und das frisch gekaufte Fleisch bot. Vielleicht, bei sehr modernen Haushalten gab es noch einen Stabmixer mit weniger als 100 W Leistung.

Sonst, in der Wohnung fand man einen Staubsauger, ein Bügeleisen, ein Radioapparat und ab und zu ein Fernsehapparat, meistens schwarz/weiss. Letzteres, obwohl nach heutigem Standard ein Stromfresser, war aber so klein, um locker in die damals so begehrten Wohnwand Platz zu finden. Heute, ersetzt es die Wohnwand. Auch die anderen Apparate waren leistungsmässig viel schwächer als die Heutigen.

Eine Waschmaschine war in der Regel eine Gemeinschaftsangelegenheit für alle Hauswohnungen. Eine eigene Maschine war den Einzelhausbesitzern vorbehalten. Je nach Versorgungssituation, wurden sie mittags zentral abgeschaltet.

Heute finden wir in den Haushalten weiterhin die gleichen Geräte; sie sind zwar hocheffizient jedoch viel leistungsstärker. Dazu gesellen sich neu Mikrowellen-Ofen, Tiefkühltruhe, Geschirrspüler, Saftpresse, Allzweckmixer, Brotteigmixer sowie ein Zweit- oder Drittfernsehapparat. Auch die Waschmaschine gehört neuerdings zur modernen Wohnungseinrichtung, zusammen mit dem Trockner (Tumbler) als sogenannter Waschturm.

Die Ereignisse der letzten Monate haben gezeigt, dass hier noch eine grössere Leistungssteigerung vor uns liegen wird. Die heute gemeinsamen anspruchslosen Laptops und Tablets für schnelles Internet-Suchen haben sich als komplett unzureichend erwiesen. Zukünftig muss man in einem Haushalt mit dem Stromverbrauch von einem vollwertigen Laptop pro Haushaltmitglied rechnen, von einem ebenfalls vollwertigen gemeinsamen multi-funktionalen Drucker/Scanner/Kopierer und von einem entsprechenden Router mit Kabelanschlüssen für die Datensicherheit als Standard rechnen und zwar, von morgen früh bis spätabends.

Selbstverständlich sollte der Breitbandanschluss alle Geräte gleichzeitig bedienen können.

In den Büros, hingegen, sollte die Entwicklung in Bezug auf den Stromverbrauch der Geräte weitgehend abgeschlossen sein. Der Verbrauch an diesen Orten sollte sich tendenziell stabilisieren oder sogar leicht abnehmen. Bei Schulen und anderen Lehranstalten könnte es aber noch zu grösseren verbrauchsmässigen Änderungen kommen.

3.4 Steuerung und Antriebe von industriellen Anlagen

Die schrittweise Desindustrialisierung in der Schweiz hat dazu geführt, dass der Energieverbrauch der Industrie in den letzten Jahren stark zurückgegangen ist. Die verbliebenen Industrien haben ihre Stromeffizienz soweit verbessert und somit auch schon ihren Beitrag zur Reduktion des Verbrauchs erbracht.

Charakteristisch an diesen Verbraucher ist die höhere notwendige betriebliche Spannung als bei den Haushaltgeräten wegen der höheren installierten Leistungen.

Ein weiteres Merkmal dieser Art von Verbrauchern ist ihr Anspruch auf hoher Stromqualität. Damit sind hohe Anforderungen an der Frequenz- und der Spannungsstabilität gemeint. Dazu gehören auch eine praktisch störungsfreie Versorgung und die Abwesenheit von störenden Oberfrequenzen welche oft von Stromwandlern produziert werden. Die Bedeutung der Einhaltung dieser Anforderungen nimmt mit der Digitalisierung zu. Damit ist nicht die einfache Automatisierung gemeint. Sie ist schon längst abgeschlossen. Es geht hier um die selbstständige und «intelligente» Steuerung und Regelung von Anlagen sowie deren Integration in den gesamten Produktionsprozess und Koordination mit den anderen Maschinen.

3.5 Prozesswärme und Prozesskälte

Vielen Industrien haben einen Bedarf an Prozesswärme oder -kälte. Wegen der grossen Vielfalt an Prozessführungen gibt es kaum einen gemeinsamen Nenner in Bezug auf die Parameter wie Temperaturniveau, Leistung oder Menge.

Der Nachteil dieser Situation ist, dass es kaum Einheitslösungen gibt, höchstens Ähnlichkeiten. Der Vorteil dafür ist, dass Ingenieure ihre Kreativität in der Findung von Sonderlösungen ausleben können.

Wofür braucht man zum Beispiel Prozesswärme und in welchen Industrien?

- Aufkochen einer wässrigen Lösung mit dem Grundmaterial zur dessen Auflösung und Reinigung; zum Beispiel in der Papier- und der Zuckerindustrie.
- Aufkochen des vorbereiteten Produkts vor dem Abfüllen in der Lebensmittelindustrie (Konservenfabrik Früchte, Gemüse, etc.).
- Wärme für die Veredelung von Produkten wie zum Beispiel in der Papier- und der Druckindustrie.
- Aufkochen einer chemischen Mischung in einer Destillationsanlage in der Alkoholfabrik oder in einer Chemie- oder Petrochemie-Anlage.
- Aufwärmen von Produkten oder Mischungen, um eine optimale Reaktionstemperatur zu erreichen in der Chemie- und Petrochemie-Industrie.
- Aufwärmen von zähflüssigen Produkten für eine bessere Transport- oder Verarbeitungsfähigkeit in vielen Industrien.
- Und... und... und...

Selbstverständlich wird auch in vielen Industrien, nicht nur Wärme gebraucht, sondern fleissig gekühlt. Der dafür notwendige Energiebedarf, in erster Linie elektrischer Strom, ist ganz bestimmt nicht vernachlässigbar.

3.6 Mobilität

Unter dem Begriff Mobilität verstehen wir

- Die private Mobilität für den Arbeitsweg mit persönlichem Transportmittel oder für die Freizeit inklusive Einkäufe.
- Die öffentlichen Verkehrsmittel für den Arbeitsweg und die Freizeit inklusive Einkäufe.
- Den Gütertransport.

- e berufliche Mobilität wie zum Beispiel Kundenbesuche, Arztbesuche, Aussendienstesätze für Reparaturen, Wartungen, Noteinsätze – Feuerwehr, Polizei, Krankenwagen, etc. – und für Dienstleistungen wie Brief- oder Paketzustellungen.

Der Energieverbrauch für die Mobilität gehört zum grössten Energieposten in einem Land. Wieviel genau lässt sich jedoch nicht direkt aus den Statistiken herauslesen, denn die Mobilität wie oben beschrieben wird statistisch nicht erfasst. Der Sektor Verkehr, Transport umfasst alle Transportunternehmen und hat einen Anteil von 37.5% am Schweizerischen Energieverbrauch. Nicht enthalten ist der Mobilitätsbedarf im privaten und beruflichen Bereich mit eigenen Transportmitteln.

Auf der anderen Seite haben wir den Verbrauch an Treibstoffe mit 35.3% des gesamten Verbrauchs. Da sind die private und die berufliche Mobilität enthalten; dafür ohne die Eisenbahn, die Trolleybusse und die Bergbahnen.

Aus diesen Zahlen können wir mit gutem Gewissen behaupten, dass der Anteil der Mobilität am gesamten Energieverbrauchs ungefähr 50% darstellt. Tendenziell, wahrscheinlich mehr!

Noch zu beachten ist, dass die Mobilität höhere Qualitätsformen der Energie benötigt - mechanische Kraft und Strom, welche nur durch vorangehende Arbeit zur Verfügung stehen. Diese stehen zuoberst in der Energiehierarchie. Im Gegensatz dazu steht der Energiebedarf an Raumwärme, der aus Abfallwärme gedeckt werden könnte, ja sogar sollte, vom Standpunkt der Energieeffizienz aus.

4. Merkmale der verschiedenen Energiequellen

4.1 Allgemeines

Zuerst muss man klarstellen, was erneuerbare Energien sind. Manche werden sagen: die Sonnenenergie, weil sie nie ausgeht. Diese Leute haben im Fokus die Photovoltaik. Ganz falsch ist es nicht. Richtig ist es allerdings auch nicht ganz. Wieso?

Schauen wir uns das näher an:

- Richtig ist es, weil primär die Sonneneinstrahlung der Photovoltaik Strom produzieren lässt.
- Richtig aber nur ein Beispiel. Fast alle Energiequellen auf der Erde eigentlich direkt oder indirekt von der Sonne herkommen. Die Strömungen in der Atmosphäre (Wind) werden durch die Sonneneinstrahlung verursacht. Ebenfalls diese Sonneneinstrahlung verursacht die Verdunstung der Meere, den Transport der Feuchte in der Luft und die Niederschläge, somit auch die Gletscher und die Flüsse. Die Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie sowie auch alle Fossilenergie wie Steinkohle, Erdgas, Erdöl, Braunkohle und Torf.
- Ungenügend, weil die geothermische Energie nicht von der Sonne herkommt, sondern vom Zerfall im Erdinneren. Auch die Tidenenergie wird nicht von der Sonne, sondern vom Mond angetrieben.
- Absolut nicht ganz richtig, weil auch die Sonne einmal aufgebraucht sein wird. Dadurch haben auch alle von der Sonnenenergie entstandenen Energiequelle ein Ende. Wie auch den radioaktiven Zerfall im Erdinneren.

Wenn schon alles ein Ende hat, was ist dann erneuerbar? **Eigentlich, alles ist eine Frage des Zeithorizonts.**

Als erster Ansatz kann als erneuerbar gelten, wenn folgende zwei Bedingungen erfüllt sind:

- Die verbrauchte Energie ist spätestens nach zwei Generationen auf gleichem Niveau wieder verfügbar

und

- Die Energiequelle steht auch nach zwei Generationen praktisch voll zur Verfügung und zwar, nach Berücksichtigung der Gesamtheit der Anwendungen aus dieser Quelle.

Mit der ersten Bedingung stellen wir sicher, dass unsere Kinder und Enkelkinder in etwa auf die gleichen Voraussetzungen wie wir treffen. Eine weitere Feststellung ist, dass gewisse Art der Nutzung eine weitere Differenzierung benötigen. Bäume werden allgemein als eine erneuerbare Ressource betrachtet. Allerdings, nur gewisse schnellwachsenden Arten erfüllen die erste Bedingung. Bei vielen anderen Arten ist die Wachstumsrate kleiner. Daher sollte die Nutzungsrate daran angepasst bzw. reduziert werden.

Die zweite Bedingung bringt ihrerseits auch Einschränkungen und zwar, aus zwei unterschiedlichen Gründen.

Einerseits steht auch bei einer direkten Nutzung der Quelle die Energie lokal nur beschränkt oder nur bis zu einem gewissen Grad zur Verfügung. Das ist zum Beispiel der Fall bei gewissen Anwendungen der Geothermie. Die Geoenergie erfüllt als Urquelle zwar die zweite Bedingung, **kommt lokal aber unterschiedlich stark vor.** Da müssten entweder die Nutzungsrate entsprechend angepasst werden oder ergänzende Massnahmen getroffen werden.

Andererseits darf man einen immer wieder begangenen Fehler nicht wiederholen. Dieser Fehler ist nur den Einzelfall zu betrachten. Der Verbrauch oder die Emissionen des Einzelfalls mögen angesichts der Grösse der Quelle Wald, Wind oder Sonne oder im Vergleich zur gesamten Atmosphäre klein aussehen. Allerdings, wenn die Einzelfälle millionenfach multipliziert werden, dann kann es zum Problem werden. Denn, der Wald endlich ist, wie auch die Atmosphäre.

Der Wald in seiner Ganzheit steht nicht einfach für den Einzelfall für eine energetische Nutzung zur Verfügung. Viele andere sind an ihm interessiert wie die Leute als Ort der Erholung, die Papierindustrie, die Holzindustrie, der Holzbau und die Möbelindustrie. Er ist auch ein Rückzugsort für die Natur. So gilt es auch für den Wind, der den grossen Wasserkreislauf – Verdunstung, Transport, Niederschläge – wie auch die Meeresströmungen unterstützt. Sind zu viele Windräder auf dem Weg, so wird der Wind schwächer wie auch die Meeresströmungen oder die Niederschläge bleiben aus. Die übermässige Nutzung der Biomasse für energetischen Zwecke kann ebenfalls die Nahrungsproduktion verdrängen.

Somit müssen wir über unsere Prioritäten nachdenken wie auch über die Bedeutung der Nachhaltigkeit!

Jetzt wo wir wissen was unter erneuerbaren Energien zu verstehen ist, können wir ein wichtiges gemeinsames Merkmal von allen unter die Lupe nehmen: ihre relativ tiefe energetische Dichte, zumindest im Vergleich zu den nicht erneuerbaren oder fossilen Energiequellen. Auch zwischen den erneuerbaren Energien sind die Energiedichte stark unterschiedlich.

Dieser Aspekt ist für die Beurteilung des Potenzials der erneuerbaren Energien von grosser Bedeutung. Leider, geht er in der üblichen einfachen Betrachtung nach Kilowatts unter. Dadurch kam es verschiedentlich zu bösen Überraschungen da die gesetzten Erwartungen nicht realistisch waren.

Des Weiteren sind einige erneuerbaren Energiequellen zwar einigermaßen vorhersehbar, jedoch nicht steuerbar. Dadurch fallen sie nicht unbedingt an, wenn man sie braucht. Somit müssen Massnahmen getroffen werden, um ihre zeitgerechte Verfügbarkeit zu verbessern.

Jede erneuerbare Quelle ist eigentlich einzigartig, was nicht möglich macht, all diese Aspekte in einer allgemeinen Art und Weise zu behandeln. In den folgenden Kapiteln wird das Wichtigste darüber erläutert.

4.2 Solarenergie

Lass uns mit der Solarenergie anfangen. Darunter verstehen wir die Energie, die direkt aus der Sonneneinstrahlung gewonnen wird. Die Verwendung der Sonnenenergie zur Deckung unseres Energiebedarfs lässt sich in den Kategorien ordnen: Photovoltaik, Solarthermie und konzentrierte Sonnenkraft (Siehe unter 4.2.3).

Hauptmerkmal von dieser Energie ist: Sie steht allen zur Verfügung, allerdings nicht gleichermassen. Die Tatsache, dass unsere Erde ist mehr oder weniger kugelig, führt zu einer unterschiedlichen Sonneneinstrahlung je nach Nähe zu den Polen oder zum Äquator. Die Rotation der Erde um die eigene Pol-Achse bringt Tage und Nächte mit sich. Die Neigung der Erde auf ihrer Laufbahn bringt weitere Unterschiede zwischen den südlichen und nördlichen Hälften. Dazu noch, die elliptische Bahn beschert uns mit saisonalen Unterschieden.

Nicht zuletzt wird die Sonneneinstrahlung auf die Erde durch die meteorologische Lage beeinflusst. Sind Wolken vorhanden, dann wird die Einstrahlung geschwächt, jedoch nicht für alle Lichtfrequenzen gleichermassen. Auch der Schattenwurf von hohen Strukturen wie Berge, Bäume, Hochhäuser ist nicht zu vernachlässigen.

All das macht aus der Solarenergie eine stark lokale Angelegenheit.

4.2.1 Photovoltaik

Bei der Technologie der Photovoltaik wird die Energie der Sonnenstrahlung direkt in Strom umgewandelt. Mit dieser Technologie kann man heute, wenn es gut geht etwa 15% der auf den Solarmodulen einfallenden Sonnenenergie in Strom umwandeln.

Dieser Wert ist ein Wert aus der Praxis und hat nichts mit den publizierten Wirkungsgradwerten zu tun. Diese sind im Labor gemessenen Werte unter Referenzbedingungen. Diese werden in der

Praxis praktisch nie getroffen. Da die Module in der Regel starr auf dem Dach befestigt sind, wird die Ausrichtung zur Sonne äusserst selten optimal sein. Auch die Betriebstemperatur ist um ein Vielfaches höher als die Referenztemperatur. Des Weiteren arbeiten die heutigen Solarzellen in einem relativ engen Frequenzbereich – blau, violett, ultraviolett – und dieser Anteil ins Sonnenlicht variiert mit der Tageszeit. Das ist auch der Frequenzbereich der stark von den Wolken aufgehalten wird. Daher fällt die Stromproduktion dieser Technologie rasch gegen null sobald der Himmel

bewölkt ist. Moderne Zellen arbeiten in einem breiteren Frequenzbereich, was ihrem Gesamtwirkungsgrad zugutekommt.

Das grosse Handicap der Solarenergie ist, dass sie ein wenig vorhersehbar – Wetterbericht – jedoch nicht direkt steuerbar. Bei Kälteanwendungen liegt die Stromproduktion etwa in Einklang mit dem Stromverbrauch. Hingegen, bei den anderen Anwendungen muss die Tagesproduktion für den Nachtverbrauch gespeichert werden. Ideal ist es, wenn die Speicherung auch für die Überbrückung von ein paar Schlechtwetter-Tagen dimensioniert wird.

Eine Speicherung in diesem Sinn über das Netz fällt für den Verbraucher mit dem zunehmenden Anteil an lokalen erneuerbaren Energien immer weniger in Betracht. [Das führt zu einer Verteuerung der Solarenergie.](#)

Die heutige Praxis-Erfahrungen zeigen, dass eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach eines Einfamilienhauses für den Strombedarf des Haushalts genügt, wenn:

- Das Haus energetisch optimiert ist,
- Die Bewohner einen sparsamen und bewussten Umgang mit der Energie zeigen.

Unter optimalen Bedingungen kann sogar einen Anteil an der Elektro-Mobilität geliefert werden.

Bei grösseren Wohn- und Bürohäusern sowie bei Fabrikanlagen sind mit der Photovoltaik signifikante Verbrauchsanteile mit der Photovoltaik lokal vor Ort zu decken. Der Rest, vor allem im Winter und bei Schlechtwettersituationen müsste kraftwerksmässig zur Verfügung gestellt werden: aus PV oder andere Energiequellen. Es ist zu beachten, dass in der Nähe solcher Verbraucher oft das Land knapp ist oder bereits für andere Aufgaben in Anspruch genommen wurde.

4.2.2 Solarthermie

Auch bei der Solarthermie wird die Sonnenenergie direkt genutzt, allerdings für die Produktion von Warmwasser. Dabei wird ein breiter Frequenzbereich genutzt. Diese Nutzung geht über sogenannten Solarkollektoren.

Im Wesentlichen gilt das, was unter Photovoltaik über die lokale Verfügbarkeit der Energie geschrieben ist, auch für die Solarthermie. Das Nutzungsverhalten ist jedoch leicht anders. Bei der Solarthermie ist dank dem breiten genutzten Frequenzbereich eine interessante Wärmeproduktion auch bei bewölktem Himmel möglich. Dazu reagiert die Wärmeproduktion viel träger auf Veränderungen als die Stromproduktion bei der Photovoltaik.

Je nach Lage, Witterung und Jahreszeit kann das Warmwasser auf Temperaturen für die Aufheizung von Brauch- und Heizwasser oder nur als temperiertes Vorlaufwasser für die Heizung gebraucht werden. Dadurch wird auch die Grösse des Warmwasser-Speichers bestimmt.

Photovoltaik und Solarthermie stehen sich nur wenig im Weg. Eine relativ kleine Dachfläche genügt, um den Bedarf an Wärme der Einwohner abzudecken. Dafür kann der Strombedarf für die Heizung deutlich zurückgehen, was mehr als die abgegebene Dachfläche kompensiert.

Mit der teilweisen Verwendung von Hybrid-Solarmodulen könnte auch noch temperiertes Vorlaufwasser produziert werden.

4.2.3 Konzentrierte Sonnenkraft (CSP)

Wir haben oben gesehen, dass die Sonnenenergie eine relativ kleine Energiedichte hat. Die Idee ist somit entstanden, sie zu konzentrieren, um die energetische Ausbeute zu verbessern. Das Prinzip ist eigentlich einfach: die Sonnenstrahlen werden auf Spiegeln oder Linsen aufgenommen und auf einem Fokuspunkt oder einer Fokallinie konzentriert. Dort wird die Wärme der konzentrierten Strahlen einem Transport- oder einem Arbeitsmittel übertragen. Von da aus bringt das Transportmittel die Wärme in einem Wärmetauscher, wo dann Dampf produziert wird, welcher einer Arbeitsmaschine zur Stromproduktion zugeführt wird. Wenn die Strahlungswärme im Fokuspunkt direkt ans Wasser als Arbeitsmittel abgegeben wird, dann geht der produzierte Dampf direkt zur Arbeitsmaschine.

Bei einer speziellen Technologie treffen die gebündelten Strahlen auf speziellen, hocheffizienten Photovoltaik-Zellen, welche auf hocheffiziente Art Strom produzieren. Da diese Zellen gekühlt werden müssen, wird parallel dazu auch Dampf produziert, welcher einer Arbeitsmaschine zur Stromproduktion zugeführt wird.

Diese Technologien sind sehr komplex und rentieren sich, zumindest jetzt noch, nur bei grossen Anlagen als Grosskraftwerke in Wüstengebieten mit starker Sonneneinstrahlung und möglichst nahe am Äquator.

Für Länder in Europa ist diese Technologie kaum von Bedeutung, ausser der produzierte Strom kann verlustarm zu uns transportiert werden.

4.3 Windenergie

Auch die Windenergie ist auf die Erde ungleichmässig verteilt: örtlich, zeitlich wie in der Stärke. Da der Wind nichts anderes ist als ein Luftaustausch von kalter und warmer Luft oder zwischen Regionen unterschiedlicher Luftdrücke, kann man sagen: die Windenergie ist Sonnenenergie [die Arbeit erhalten hat und hat somit eine erhöhte Energiedichte](#).

Die Umwandlung dieser Energie in einer für uns nutzbaren Form ist tückisch. Der entscheidende Faktor ist die Windgeschwindigkeit. Ist sie tief, dann drehen sich die Räder kaum und bringen auch nicht viel Leistung. Ist sie zu hoch, dann gibt es ein ernsthaftes Festigkeitsproblem und die Rotorblätter werden so gestellt, dass sie dem Wind möglichst wenig Widerstand bieten und so keine Leistung bringen dürfen. So werden sie nicht überlastet.

Nicht nur die Geschwindigkeit ist wichtig, sondern auch die Regelmässigkeit der Strömung. Diese wird stark von der Erdoberfläche beeinflusst. Auf dem Festland bringen Hügel, hohe Gebäude oder Bäume Turbulenzen. Dadurch wird Anströmung der Windanlagen unregelmässig was sich auch auf die Stromproduktion negativ auswirkt.

Auf dem Land sind somit ausgedehnte Flachebenen besser geeignet als hügelige Landschaften. Ebenso ist das offene Meer sehr vorteilhaft, noch mehr dank den stetigen relativ starken Winden.

Somit ist die Windenergie im Alpenraum nur an ausgewählten Orten sinnvoll und das, vor allem aus Zugänglichkeitsgründen, nur für tendenziell kleinen Anlagen. Sie ist somit dort eher eine Nischenanwendung. Das umso mehr, wenn man den bereits stark besetzten Land- und Luftraum in Betracht zieht. Viele für die Windkraft mögliche Standorte stehen bereits in Konflikt mit anderen Nutzungen wie Naturschutzgebiete, Luftverkehr in An- und Abflugschneisen, etc.

Wie die Entwicklung der letzten Jahre gezeigt hat, kommt Wind in erster Linie für Windparke auf offenem Meer in Frage. Aber auch da, obwohl die Weltmeere endlos erscheinen, ist eine Rücksichtnahme auf anderen Nutzern wie die Schifffahrt erforderlich. Die Windenergie ist zwar erneuerbar, ob sie auch nachhaltig ist, wird sich noch zeigen. Mit dem gewaltigen Ausbau der Windparke auf offenem See sind die langfristigen Effekte auf die **marine** Umwelt noch offen. Wenn so viel Energie aus den Winden genommen wird, könnten auch die Meeresströmungen beeinflusst werden. Windmühlen sind auch nicht speziell leise. Wie weit beeinflusst dieser Lärm das Leben in den Meerestiefen ist (noch) nicht untersucht.

In Bodennähe kommen nur ganz kleinen Anlagen in Frage.

4.4 Hydroenergie

Über Wasserkraft ist in der Schweiz und im Alpenraum nicht mehr viel zu sagen und zu schreiben. Oder doch?

Tatsächlich ist im Zusammenhang mit der künftigen Energieversorgung Einiges noch zu berichten. Die Hydroenergie ist eine indirekte Form der Sonnenenergie. Die einstrahlende Sonnenenergie verdampft das Wasser von den grossen Wasseroberflächen, die Luft nimmt es auf und transportiert es weiter mit den Winden. Sobald die Luft sich abkühlt, wird das überschüssige Wasser ausgeschieden und fällt als Niederschlag auf die Erde. Bäche und Flüsse leiten dieses Wasser dann wieder zum Meer. In den Höhenlagen wo das Wasser als Schnee fällt, wird das Wasser gespeichert und steht bei der Schmelze wieder zur Verfügung. Somit ist die Wasserkraft klar erneuerbar, zumindest für die kommenden Jahrzehnte.

Im Wesentlichen unterscheiden wir zwischen

- Flusslaufkraftwerke, deren Stromproduktion abhängig von der Jahreszeit und der Witterung ist.
- Stausee-Kraftwerke, deren Leistung gesteuert und sehr schnell verändert werden kann. Dazu bieten sie eine gewisse Energiespeicherung. Eine besondere Gattung dieser Kraftwerke sind die Pump-Speicher-Kraftwerke. Sie ermöglichen die Speicherung des überschüssig produzierten Stroms damit er, wenn wieder Bedarf ist, dieser zur Verfügung gestellt werden kann.

Ob diese Energie dann auch nachhaltig ist, steht auf einem anderen Blatt geschrieben. Nehmen wir das Beispiel der Schweiz um diese Aussage zu erläutern. Es ist allgemein anerkannt, dass etwa 96 bis 98 % des Potenzials der Hydroenergie ausgenutzt wurden. Dabei stellen wir fest, dass die meisten auf diesem Bereich durchgeführten Arbeiten für eine Verkleinerung der negativen Einwirkungen auf die Umwelt gedacht sind – Fischtreppe, Schutzmassnahmen um Fische aus dem Hauptkanal zu halten, Erhöhung der Restmenge, etc. – und alle tendenziell eine Verminderung der Stromproduktion zur Folge haben. Das bedeutet, dass man versucht, eine gewisse Nachhaltigkeit wieder zu schaffen.

Neue Projekte, auch ganz kleinen, stehen vor fast unüberwindbaren Hindernissen auf Grund des Naturschutzes, des Landschaftsschutzes und der Biodiversität.

In Ländern wo das Nutzungspotenzial noch nicht ausgeschöpft wurde, stehen neue Projekte stark in der Kritik vom Umweltschutz, vor allem Grossprojekte. Kleinprojekte können allerdings, vor allem

in abgelegenen Regionen, durchaus noch Entwicklungspotenzial haben, denn die dafür notwendigen Eingriffe in die Natur ziemlich klein sind.

4.5 Biomasse

Wie im Kapitel 4.1 erwähnt ist die Biomasse gespeicherte Sonnenenergie. Der energetische Wert der Biomasse und auch ihre energetische Verwendbarkeit hängen von vielen unterschiedlichen Faktoren ab:

- Grünpflanzen (Gräser, Gemüse, etc.) und Grünanteile von Pflanzen oder Bäume (Laub, etc.) haben einen relativ tiefen Energiegehalt wegen ihres hohen Wasseranteils. Durch die Weiterverarbeitung zum Kompost entsteht Methan, ein energetisch hochwertiges Gas. Diese Verwertung ist durchaus sinnvoll. Zum einen wird dadurch wertvoller Humus und Düngung produziert, zum anderen wird Methan gesammelt und einem Motor zur Stromproduktion zugeführt. Das entstehende CO₂ ist eigentlich dasjenige in der Biomasse gespeicherte. Dieses Verfahren ist somit, was dem CO₂ betrifft, nahezu neutral.
- Pflanzen mit einem grösseren Trockenanteil wie die Getreide. Aus den Körnern können flüssige oder gasförmige Treibstoffe hergestellt werden. Der Rest der Pflanze wird dann als Brennstoff für die Produktion der Prozesswärme verwendet. Dieser Weg hat sich als nicht nachhaltig erwiesen, denn er führt zu einer Konkurrenzsituation mit der Nahrung. Entweder wird die Nahrung für die Treibstoffproduktion umgenutzt oder die Agrarflächen werden für die Treibstoffproduktion statt für die Nahrungsproduktion genutzt. In beiden Fällen können Nahrungsengpässe oder starke Anstiege der Grundnahrungspreise entstehen.
- Pflanzen mit Ölhaltigen Samen. Das Öl der Samen wird nach entsprechender Behandlung zum Treibstoff. Die Problematik dieser Lösung ist sehr ähnlich wie bei der vorherigen; die Treibstoffproduktion verdrängt die Nahrungsproduktion oder fördert das Abholzen von Urwäldern. Beide sind unerwünschte Nebeneffekte.
- Holzartige Pflanzen – Bäume – werden entweder direkt als Brennstoff für die Energieproduktion verwendet oder als Ausgangsmaterial für die Produktion von energetisch höherwertigen Stoffen – Torrefaktion, Verkohlung, Vergasung, etc. – verwendet. Solange der Verbrauch sich an das Nachwachsen der entsprechenden Holzsorte hält, ist diese Lösung nicht nur erneuerbar, sondern auch nachhaltig. Solche Verfahren eignen sich auch gut für die Verwertung von Holzabfällen aus anderen Nutzungen.

4.6 Geothermie

Die Geothermie ist ein vielfältiges Thema, dessen detaillierte Behandlung den vorliegenden Rahmen sprengen würde. Diese Energie aus dem Erdinneren steht uns in zwei Formen zur Nutzung zur Verfügung:

- Als hydrothermale Energiequelle entweder aus mitteltiefen Wasserreservoirs nur für Heizungszwecke oder aus tiefen Lagen – ca. 3000 Meter – für welche dank der höheren Temperaturen auch die Nutzung zur Stromerzeugung betrachtet werden kann.
- In besonderen Regionen der Erde wie zum Beispiel Island, strömt die Erdwärme an die Oberfläche in der Form von Dampf – satt oder überhitzt – aus, was eine primäre Nutzung zur Stromerzeugung und dann auch für die Gebäudeheizung ermöglicht.

So gesehen, kennt die Geothermie keine täglichen oder saisonalen Schwankungen und steht, sofern sie nicht übernutzt wird, stets zur Verfügung, wenn man sie braucht.

4.7 Mischformen

Oft wird auch von oberflächennaher Geothermie gesprochen. Diese ordnen wir hier nicht zu den Energiequellen, denn sie braucht einerseits zuerst Arbeit, um nutzbar zu sein und andererseits hat sie eine saisonale Komponente, das heisst sie enthält einen solaren Anteil.

Ähnliches kann über die Wärmenutzung von Wasserreservoirien oder auch die Nutzung der Luftwärme. Die Wärmepumpen bringen jeweils die notwendige Arbeitsleistung, um die Energie nutzbar zu machen.

Auch zu den Mischformen bringen wir die Wärmeleistung von Hybrid-Solarmodulen oder von der konzentrierten Photovoltaik. In diesen Fällen geht es darum diese Wärmeenergie abzuführen bzw. zu nutzen, denn sie ist einfach eine unkontrollierte Folge der Primärnutzung, d. H. der Stromerzeugung.

5. Energievektoren

Wir haben im Kapitel 4 die Eigenschaften der erneuerbaren Energien kennengelernt. Dabei haben wir festgestellt, dass was unser Umfeld uns als Energie zur Verfügung stellt, bei weitem nicht alle unsere Bedürfnisse bezüglich Art der Energie, deren zeitlichen und lokalen Verfügbarkeit oder auch ihres Wertes, zum Beispiel das Temperaturniveau, direkt erfüllen kann.

Für diesen Ausgleich zwischen Bedürfnisse und Verfügbarkeit braucht es Energievektoren oder Energieträger. Manche sind uns schon bekannt, müssten unter Umständen weiterentwickelt werden. Andere sind uns im Ansatz ebenfalls bekannt, ebenfalls die dazu notwendigen Technologien. Allerdings, bis zur tagtäglichen Anwendung, braucht es noch einige Entwicklungsschritte. Dazu stellen sich auch viele Logistikprobleme. Schauen wir uns das näher an.

5.1 Die Elektrizität

Das Ende der fossilen Energieträger zeichnet sich ab. Es wird vielleicht nicht so schnell stattfinden, wie manche es glauben, hoffen oder wünschen. Es wird aber kommen.

Der elektrische Strom, heute schon ein wesentlicher Faktor, wird seine Bedeutung noch ausbauen. Der grosse Unterschied: er wird nicht mehr überwiegend auf der Basis von fossilen Ressourcen – Kohle, Öl oder Gas – produziert, sondern in erster Linie mit Solar- und Windenergie sowie Hydroenergie. Dieser Unterschied bedeutet, da wir diese neuen Energieformen nicht oder zumindest nur schlecht steuern können, dass wir die Stromproduktion von dessen Verbrauch entkoppeln müssen.

Was heisst das konkret?

Wenn wir den Strom nicht direkt brauchen, müssen wir ihn speichern. Da die Elektrizität eine hochwertige Energieform ist, ist sie auch flexibel einsetzbar und kann auch in den verschiedensten Formen gespeichert werden. Freilich nicht immer mit der gleichen Effizienz und da liegt eigentlich das grosse Problem, denn jede Transformation der Energieform geht mit Verlusten einher. Diese können auch sehr hoch sein, zumindest bei manchen Prozessen, die noch ein grosses

Entwicklungspotenzial vor sich haben. Da erkennen wir welche Leistungen die Natur über die Millionen von Jahren mit den hochwertigen fossilen Brennstoffen für uns erbracht hat.

Mögliche Speicherwege für den Strom:

- Die Batterien: Der Lade- und Entladezyklus hat heute schon einen relativ guten Wirkungsgrad. Sie sind aber relativ teuer, verbrauchen viele wertvolle Ressourcen und der gesamten Herstellung ist mit Umweltbelastungen verbunden. Ihre Anwendungen sind vielfältig und werden auch für Speicherungen grösserer Leistungen (bis 20-...50 MW) eingesetzt.
- Die gut bekannten Pump-/Speicherwerke: Auch sie haben einen relativ guten Wirkungsgrad. Sie eignen sich für die Speicherung von grossen Leistungen.
- Die Luftspeicheranlagen: Wegen ihres relativ tiefen Wirkungsgrads konnten sich solche Anlagen nicht durchsetzen. Vielleicht lag es auch an den bisher gewählten Anwendungen?
- Die Elektrolyse-Anlagen: Mit dem Strom wird Wasser in Wasser- und Sauerstoff gespalten. Beide Gase können dann wieder in einer Brennstoffzelle zur Stromerzeugung verwendet werden. Sie können auch zu einer chemischen Anlage geführt werden, wo sie, zusammen mit CO₂ zu einem gasförmigen oder flüssigen Brenn- oder Treibstoff kombiniert werden. Eine solche Lösung wäre für eine saisonale Speicherung durchaus interessant. Es gibt jedoch viel Entwicklungsarbeit zu leisten bis dann.

5.2 Die Biomasse-Vektoren

Die Biomasse ist die Energiequelle des Lebens. Sie liefert die Nahrung für alle Lebewesen, direkt oder indirekt. Neben dieser Hauptaufgabe, das, was nicht für die Nahrung gebraucht wird, kann kompostiert und der Natur zurückgebracht werden. Dabei entsteht Methan, das für die Stromproduktion und/oder die Wärmeproduktion gebraucht werden kann.

Zusätzlich, kann die Biomasse als Energiequelle in Vektoren «veredelt» werden. Beispiele für eine solche Veredelung sind:

- Die Pellets: Die Biomasse wird getrocknet, feingerieben und in zylindrischen Stäbchen zusammengesprengt. Dadurch erhält man einen ziemlich homogenen Brennstoff mit guten Brenneigenschaften. Die Pellets sind relativ einfach zu transportieren. Die Lagerung muss trocken sein, ansonsten zerfallen die Stäbchen in einer formlosen schwer zu handhabbarer Masse.
- Geröstetes (torrefiziertes), verkohltes oder vergastetes Holzmaterial: Die Teil- oder die Vollpyrolyse ermöglicht eine Erhöhung des Energiegehalts, eine Volumenreduktion und zum Teil eine Verbesserung der Lagerfähigkeit. Somit wird eine zeitversetzte Nutzung leichter als bei den Pellets möglich.
- Biotreibstoffe: Durch die Umesterung von pflanzlichen Ölen und Fetten kann Biodiesel entstehen. Weitere chemische Verfahren ermöglichen die Produktion von anderen Treib- und Kraftstoffen wie Bioethanol oder Biokerosin.

Obwohl es sehr viel Biomasse auf die Erde gibt, ist zu bedenken, dass bereits auch sehr viel davon genutzt oder sonst für unser Leben als wichtig und somit als schützenswert betrachtet wird. Somit ist das Potenzial dieser Vektoren auf die Nutzung von nicht gebrauchten Anteilen aus anderen Industrien beschränkt. Nachwachsende Biomasse-Anteile zu nutzen ist denkbar, sofern keine anderen prioritäre Nutzungen – Nahrung, Naturschutz, etc. – vorliegen. Ihre Bedeutung wird somit in der Zukunft stark zunehmen, obwohl sie weit hinten dem Strom bleiben wird.

Dadurch steht auch die energetische Nutzung von Biomasse unter einen starken Effizienzdruck.

5.3 Gasförmige oder flüssige Vektoren

Da kommen zurzeit die bereits erwähnten Zwischenprodukte Wasserstoff, Biogas (Methan aus Biomasse), Methan aus einem Methanisierungsprozess und Methanol **sowie Ethanol**.

Obwohl die Diskussion heute noch nach dem alten Muster – ein Gewinner, andere sind Verlierer – geführt wird, wird es eher zu Nischenlösungen kommen. Denn, wie wir gesehen haben, ist die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energiequellen lokal sehr unterschiedlich. Somit wird auch die Wahl des lokal optimalen Vektors sein.

Diese Vektoren entstehen in industriellen Prozessen wo der elektrische Strom eine zentrale Rolle spielt. Sie sind somit teurer, denn jeder Prozess hat Verluste. Sie haben auch Vorteile gegenüber dem Strom. Sie sind leichter zu transportieren und vor allem lassen sie sich relativ günstig lagern. Somit sind sie für den Ausgleich zwischen Produktion und Nachfrage, auch über längeren Zeiträumen sowie für die Feinverteilung in abgelegenen Regionen sehr geeignet.

Die Technologien zur Erzeugung dieser Vektoren sind vorhanden und werden industriell bereits eingesetzt. Allerdings, es gibt noch ein erhebliches Verbesserungspotenzials.

Parallel dazu oder vielleicht leicht verschoben, müssen auch Konzepte für den Transport über längeren Entfernungen, die Lagerung und auch die Feinverteilung erarbeitet werden. Daraus könnte die jeweilige Infrastruktur aufgebaut werden. Das wird doch eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen.

6. Zukünftige Energiequellen

Bislang wurden nur bekannte und einigermaßen erprobte erneuerbare Energiequellen in Betracht genommen. Damit konnten sowohl ihr effektives Ersatzpotenzial sowie die Zeit und den Aufwand geschätzt werden, die dafür notwendig wären.

Es braucht sicher keine hellseherischen Fähigkeiten, um festzustellen, dass die Reise sehr schwierig sein wird. Selbst die Abdeckung des Grundbedarfs wird eine grosse Herausforderung sein. Es dürfen keine Produktionsmöglichkeiten ausgelassen werden und auch auf der Konsumseite werden harte Massnahmen erforderlich sein. Somit, müssen wir nach weiteren Energiequellen Ausschau halten.

Welche haben wir? Welche neuen Energieformen können unseren Bedarf abdecken ohne dass gleichzeitig hohe Emissionen entstehen und die Umwelt geschädigt wird sowie ihre Verfügbarkeit über viele Generationen sichergestellt ist.

Da kommen lediglich zwei Formen, die heute allerdings mit grosser Zurückhaltung bzw. Skepsis betrachtet werden:

- Die Fusionsenergie
Da gibt es das bekannte Mega-Projekt ITER in Süd-Frankreich, welches vielleicht Mitte des Jahrhunderts zeigen wird, was dieser Weg uns wirklich bieten kann. Eine viel weniger bekannte dafür viel mehr umstrittene Option ist die sogenannte kalte Fusion oder auch low

energy nuclear reaction (LENR). Im ersten Anlauf sieht es wie Scharlatanerie aus. Da es nicht ganz erklärbar doch reelle Ergebnisse gibt, wäre es sinnvoll, diese Option seriös und ohne Vorurteile anzuschauen.

- Die freie Energie

Da reden wir von der Energie, die mit unter anderen bekannten Namen Nikola Tesla verbunden ist. Mittlerweile haben andere Leute, was damit erreicht. Es scheint, dass wir diese Energieform, ähnlich wie die kalte Fusion nicht so verstehen, kommen aber immer näher ran. Auch hier gilt es der Sache unvoreingenommen anzupacken und seriös zu untersuchen. Es könnte aber sein, dass nicht nur die Versorgung mit Energie, sondern auch die Nutzmanmaschinen, Geräte und Apparate grundsätzlich anders werden.

Beide Themen – kalte Fusion und freie Energie – haben ein ähnliches Problem: die fehlenden Aussichten. Es ist sicher interessant für einen Forscher sich der Fusion wie bei ITER zu widmen. Dort winken multi-milliarden schweren Budget, Ruhm und eine (fast) gesicherte Lebensanstellung. Die Forschung ins Ungewisse ist da sicher nicht so spannend.

Auch für Investoren ist es nicht attraktiv Geld in etwas zu investieren, wo man nicht einmal weiss ob daraus überhaupt ein Geschäftsmodell entstehen kann, geschweige eine Rendite auf das investierte Geld.

Wir prahlen oft mit den Errungenschaften unserer Zeit. Wir müssten jedoch bedenken, dass wir in vielen Fällen lediglich die wissenschaftlichen Erkenntnisse von vielen früheren Forschern zunutze gemacht haben. Hätten diese Forscher damals ein Geschäftsmodell vor den Augen gehabt, wäre Vieles noch nicht entstanden. Vielleicht ist es an die Zeit, jetzt uns der echten Wissenschaft wieder zu widmen.

Es wird allerdings noch eine Weile dauern bis wir mit diesen oder zumindest einer dieser neuen Energien soweit sind. Bis dann verbleiben uns wohl folgende Optionen:

- Weiterhin sparsam mit der Energie umgehen
- Energie importieren
- Abfallenergie noch besser nutzen. Viele Abfallprodukte, die wir heute einfach verbrennen, könnten zum Beispiel durch Pyrolyse zu wertvollen flüssigen oder gasförmigen Ausgangsprodukte für Treib- und Brennstoffe verwandelt werden.

Es ist kein Zufall oder Versehen, dass die Nuklearenergie basierend auf die Fissionstechnologie keine Erwähnung in diesem Dokument bekommen hat. In einigen Ländern, wie auch die Schweiz, wurde sie per Gesetz verboten. Ihre Wiedereinführung, wie auch die von verbesserten Varianten wäre dann erst n Jahrzehnten denkbar. Bis dahin sollten Alternativen auf dem Markt gekommen sein.

7. Zusammenfassung

Die Ereignisse im Jahr 2020 haben uns gezeigt, dass einerseits der Strom zu einem gewissen Mass zum Grundbedarf nicht nur für die Industrie und das öffentliche Leben, sondern auch für die privaten Haushälter und, andererseits, eine gewisse Selbstversorgung in Krisenzeiten unerlässlich ist.

Die Abkehr von den fossilen Energiequellen und auch in vielen Ländern von der nuklear Fissionstechnologie ist mehr als nur ein Austausch von einer Quelle durch eine andere. Sie ist der

Austausch von einem Alleskönner durch eine Vielfalt von Spezialisten mit ihren gemeinsamen und spezifischen Eigenschaften von denen die wichtigsten sind:

- Ihre Energiedichte, d. H. ihr Energieinhalt pro Masse- oder Volumeneinheit oder per Bedarfsfläche ist deutlich kleiner als die von den fossilen Quellen.
- Praktisch alle unterliegen einem Tages- und ein Jahreszeitzyklus, der, zusätzlich, je nach Lage auf den Breitengrade unterschiedlich wirkt.
- Die anfallende Energie muss vor Ort zuerst in einer transportfähigen Energieform, meistens elektrischem Strom, zuerst umgewandelt werden.
- Die entsprechende Stromproduktion geschieht unabhängig davon, ob der Strom gebraucht wird oder nicht.
- Sie brauchen grosse Landflächen. Eine intensive Nutzung steht somit in den meisten Ländern sehr oft in direkter Konkurrenz zu anderen Nutzungen und Anliegen wie Erholung, Landwirtschaft, Holzindustrie, Fliegerei, Naturschutz, etc.

Wir brauchen Energie, um viele Bedürfnisse abzudecken wie Mobilität, Raumheizung oder -kühlung, Beleuchtung, für den Betrieb von Apparaten, Maschinen oder ganzen Anlagen sowie für

Produktionsprozesse, die Wärme oder Kälte brauchen. Die Anforderungen sind vielfältig und so sind auch die Anforderungen an die Energiequellen.

Die Vielfalt der Eigenschaften und auch die Vielfalt der Anforderungen führen dazu, dass die Abdeckung unseres Energiebedarfs komplexer wird. Wir werden vermehrt mehrere Quellen dazu benutzen und lokal, in sehr unterschiedlichen Massen. Die Masslösung, auch die Konfektion haben ausgedient. Es lebe die Mass-Lösung.

Vor allem dort wo die Energie am meisten gebraucht wird, ist das Land bereits stark genutzt. Dessen Verwendung für die Energieproduktion ist somit stark eingeschränkt. Es werden vor allem mehrfache Nutzungen notwendig sein. Kraftwerksmässige Lösungen werden nur in wenigen Fällen möglich. Eine Abdeckung des heutigen Energieverbrauchs nur mit den heute bekannten erneuerbaren Energien wird somit sehr schwierig sein; von einem Verbrauchszuwachs nicht einmal die Rede. Wir müssen demnach einerseits unseren Energiekonsum überdenken und innovativ nach neuen Energiequellen suchen, welche mit der Umwelt echt im Einklang stehen.

Ihr Jean-Pierre Rickli

Lassen Sie Ihre Freunde und Bekannten an diesem Newsletter teilnehmen. Einfach weiterleiten oder besser anmelden lassen!

Frühere Ausgaben des JPR-Focus finden Sie im News/Archiv unserer Webseite oder direkt mit <http://www.jpr.ch/newsarchiv.cfm>

JPR Concepts & Innovation

J.-P. Rickli

Coaching - Wissensmanagement - Innovation - Energie

Höchstrasse 47

8610 Uster

Tel.: +41 (0) 44 9404642

Fax: +41 (0) 44 9404643

E-Mail: jprickli@JPR.ch

Ab- oder Anmeldung: einfach über die Webseite www.jpr.ch oder per E-Mail an jprickli@JPR.ch